

General Disclaimer

One or more of the Following Statements may affect this Document

- This document has been reproduced from the best copy furnished by the organizational source. It is being released in the interest of making available as much information as possible.
- This document may contain data, which exceeds the sheet parameters. It was furnished in this condition by the organizational source and is the best copy available.
- This document may contain tone-on-tone or color graphs, charts and/or pictures, which have been reproduced in black and white.
- This document is paginated as submitted by the original source.
- Portions of this document are not fully legible due to the historical nature of some of the material. However, it is the best reproduction available from the original submission.

(E85-10012 NASA-CR-168569) REMOTE SENSING
APPLIED TO FOREST RESOURCES (Instituto de
Pesquisas Espaciais, Sao Jose) 27 p
HC A03/MF A01

N85-11425

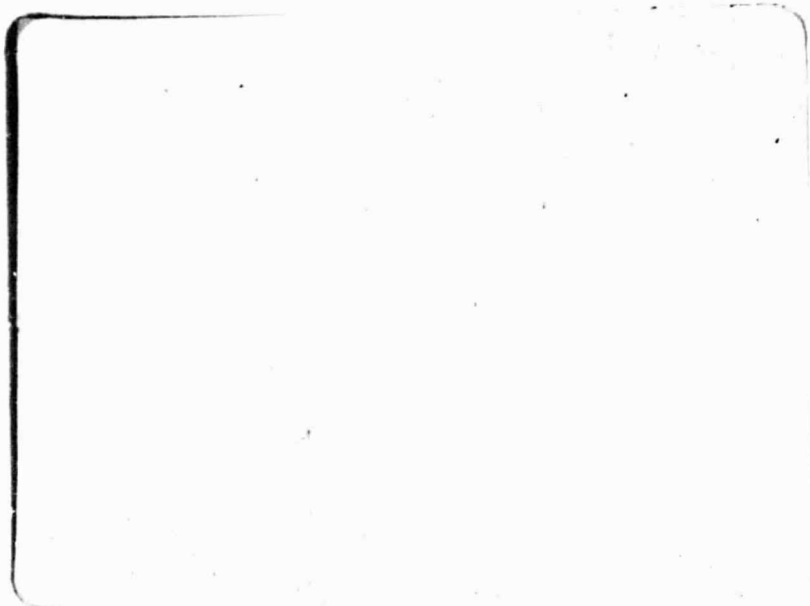
Unclas
G3/43 00012



SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPUBLICA
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

NASA-CR-168569

E85-10012



RECEIVED BY
NASA STI FACILITY
DATE: *9-3-84*
DCAF NO. **002947**
PROCESSED BY
☒ NASA STI FACILITY
☐ ESA - SDS ☐ AIAA



INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

1. Publicação nº INPE-3167-PRE/537	2. Versão	3. Data Julho, 1984	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem DSR	Programa RECSAT		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) SENSORES REMOTOS REFLORESTAMENTO MAPEAMENTO			
7. C.D.U.: 528.711.7:634.0.5			
8. Título SENSORES REMOTOS EM LEVANTAMENTOS FLORESTAIS		10. Páginas: 26 11. Última página: 23 12. Revisada por	
9. Autoria Pedro Hernandez Filho		Antonio Tebaldi Tardin 13. Autorizada por	
Assinatura responsável <i>Pedro Hernandez Filho</i>		Nelson de Jesus Parada Diretor Geral	
14. Resumo/Notas O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de metodologias para classificar áreas reflorestadas utilizando dados de sensoria- mento remoto. Um estudo preliminar foi conduzido no nordeste do Estado de São Paulo em 1978. Os reflorestamentos de Pinus spp e Eucalyptus spp foram mapea- dos com base nas características espectrais, espaciais e temporais das ima- gens do LANDSAT. Posteriormente, um estudo mais detalhado foi realizado no Estado do Mato Grosso do Sul. As áreas reflorestadas foram mapeadas em fun- ção da idade (de: 0 a 1 ano, 1 a 2 anos, 2 a 3 anos, 3 a 4 anos, 4 a 5 anos e 5 a 6 anos) e da heterogeneidade do plantio (de: 0 a 20%, 20 a 40%, 40 a 60%, 60 a 80% e 80 a 100%). As diferenças relativas entre as áreas com flo- resta artificial, estimadas a partir dos dados do satélite LANDSAT e informa- ções de campo, variaram de -8,72 a +9,49%. Atualmente, desenvolvem-se estu- dos com a finalidade de estimar o volume de madeira através de amostragem, em múltiplo estágio, com probabilidade variada.			
15. Observações Trabalho apresentado no II Simpósio sobre Inventário Flores- tal, 15 e 16 de agosto de 1984, em Piracicaba - SP.			

REMOTE SENSING APPLIED TO FOREST RESOURCES

Pedro Hernandez Filho

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de metodologias para classificar áreas reflorestadas utilizando dados de sensoriamento remoto. Um estudo preliminar foi conduzido no nordeste do Estado de São Paulo em 1978. Os reflorestamentos de *Pinus spp* e *Eucalyptus spp* foram mapeados com base nas características espectrais, espaciais e temporais das imagens do LANDSAT. Posteriormente, um estudo mais detalhado foi realizado no Estado do Mato Grosso do Sul. As áreas reflorestadas foram mapeadas em função da idade (de: 0 a 1 ano, 1 a 2 anos, 2 a 3 anos, 3 a 4 anos, 4 a 5 anos e 5 a 6 anos) e da heterogeneidade do plantio (de: 0 a 20%, 20 a 40%, 40 a 60%, 60 a 80% e 80 a 100%). As diferenças relativas entre as áreas com floresta artificial, estimadas a partir dos dados do satélite LANDSAT e informações de campo, variaram de - 8,72 a + 9,49%. Atualmente, desenvolvem-se estudos com a finalidade de estimar o volume de madeira através de amostragem, em múltiplo estágio, com probabilidade variada.

ABSTRACT

The objective of this study is to present the development of methodologies to classify reforested areas using remotely sensed data. A preliminary study was carried out in northeast of the São Paulo State in 1978. The reforested areas of *Pinus spp* and *Eucalyptus spp* were based on the spectral, spatial and temporal characteristics of the LANDSAT imagery. Afterwards, a more detailed study was carried out in the Mato Grosso do Sul State. The reforested areas were mapped in functions of the age (from: 0 to 1 year, 1 to 2 years, 2 to 3 years, 3 to 4 years, 4 to 5 years and 5 to 6 years) and of the heterogeneity stand (from: 0 to 20%, 20 to 40%, 40 to 60%, 60 to 80% and 80 to 100%). The relatives differences between the artificial forest areas, estimated from LANDSAT data and ground information, varied from -8,72 to +9,49%. Presently, studies are carried out with the aim to estimate forest volume through a multistage sampling technique, with probability proportional to size.

SENSORES REMOTOS EM LEVANTAMENTOS FLORESTAIS

Pedro Hernandez Filho

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE

C. P. 515 - 12200 - São José dos Campos - SP - Brasil

1 - INTRODUÇÃO

O Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) tem desenvolvido estudos aplicados à área florestal através da utilização da técnica de sensoriamento remoto desde o ano de 1977, em convênio com o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), com ênfase em imagens dos satélites da série LANDSAT.

Com o intuito de desenvolver metodologias de sensoriamento remoto para avaliação de áreas reflorestadas, em 1978 foi escolhida uma área piloto, situada a nordeste do Estado de São Paulo, que abrange os municípios de Mogi-Guaçu, Aguaí, Casa Branca, Tambaú, Santa Rita do Passa Quatro, Santa Rosa do Viterbo, São Simão, Luís Antonio, Cravinhos, Serra Azul, Ribeirão Preto e Altinópolis (Hernandez Filho et alii, 1978). Posteriormente, o estudo foi estendido ao Estado do Mato Grosso do Sul, cuja escolha é justificada pela presença de grandes concentrações de áreas reflorestadas. Foram mapeados reflorestamentos ao nível de gênero, idade e grau de heterogeneidade. Os resultados destes estudos estão documentados nos relatórios de Hernandez

Filho, 1980, Shimabukuro et alii, 1981, e Hernandez Filho et alii, 1982.

Atualmente, está se avaliando o volume de madeira das áreas reflorestadas com base no inventário florestal em múltiplo estágio, conforme a metodologia proposta por Langley (1975). Basicamente, para a aplicação do método de inventário florestal, utilizam-se simultaneamente os dados contidos em imagens orbitais e fotografias aéreas, complementadas com informações de campo. Este método de inventário florestal foi delineado para gerar informações dos recursos florestais ao nível regional, visando principalmente levantar dados para um planejamento nacional de locação de recursos e fornecer subsídios para orientar o estabelecimento de uma política florestal de um país.

2 - DADOS DO SATÉLITE LANDSAT

O sistema LANDSAT, de visão sinóptica e repetitiva, foi desenvolvido para permitir a aquisição de dados, com base nas características espectrais e temporais, sobre a superfície da Terra.

Os três primeiros satélites da série LANDSAT, lançados em 1972, 1975 e 1978, conduzem basicamente dois tipos de sensores: um imageador multiespectral de varredura (MSS) de 4 canais (5 no LANDSAT 3) e um sistema de televisão (RBV) de 3 canais (1 no LANDSAT 3).

Os satélites têm órbitas quase-polar, circular, geocêntrico e heliossíncrona, com períodos de 103 minutos. Assim sendo, diariamente são percorridas 14 órbitas, o que permite um ciclo repetitivo a cada 18 dias, ou 251 revoluções, para que o satélite volte a imagear uma mesma superfície da Terra.

A Figura 1 mostra o esquema de passagens diárias do LANDSAT.

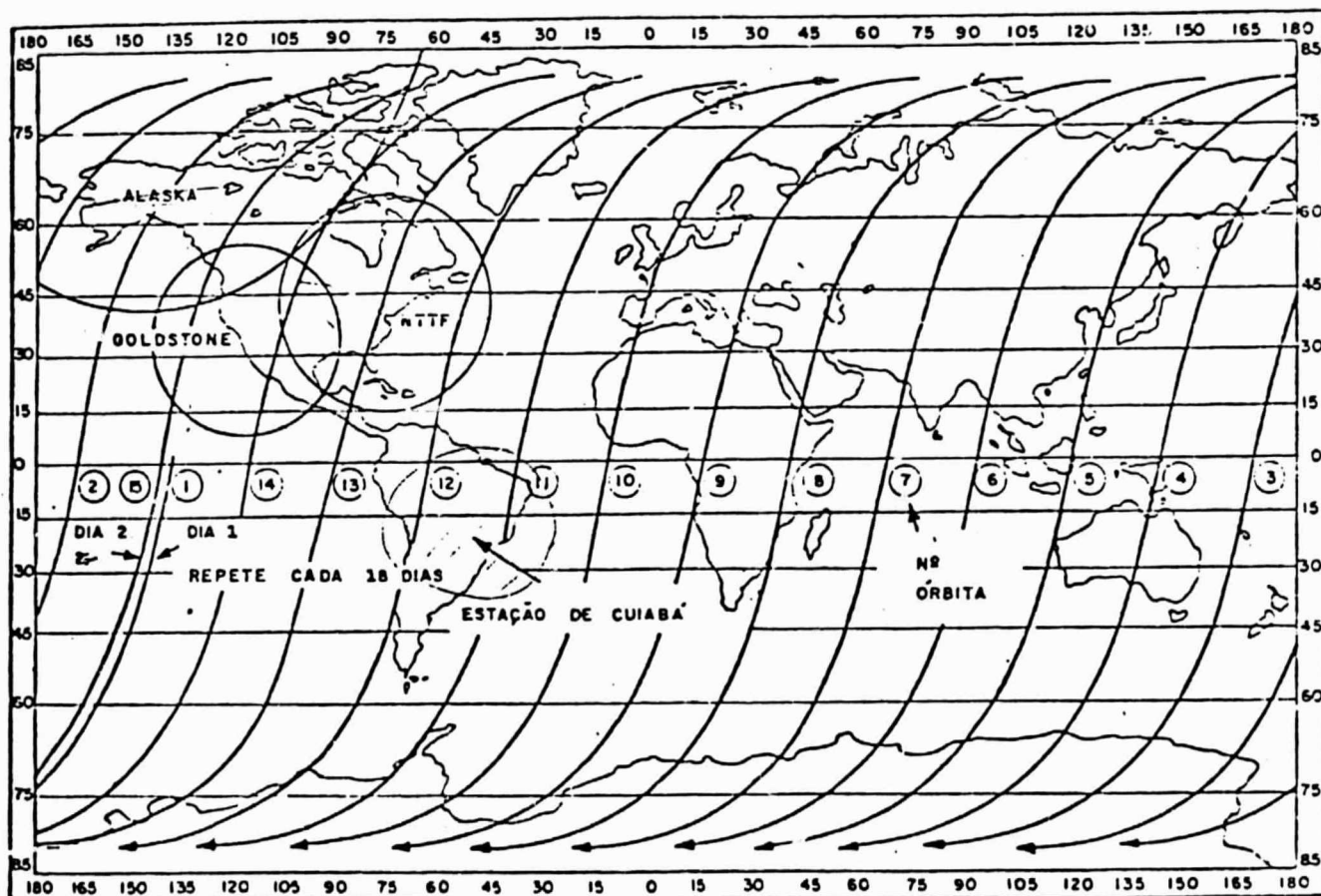


Fig. 1 - Esquema geral das passagens diárias do LANDSAT.

A configuração do LANDSAT é mostrada na Figura 2. A imagem MSS corresponde a uma área aproximada de 35.000 km², de 185 km por 185 km.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

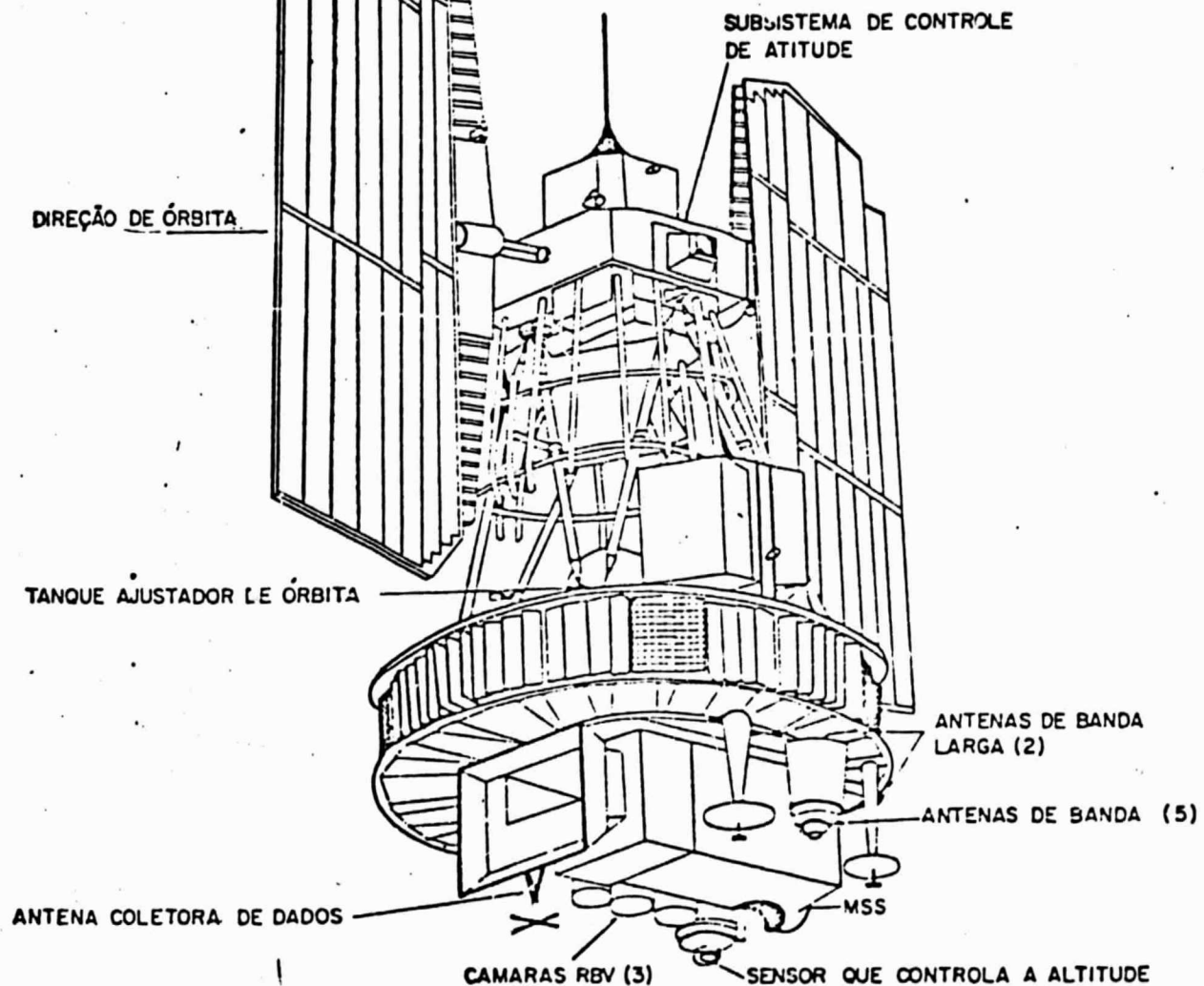


Fig. 2 - Configuração geral do LANDSAT.

A radiação coletada pelo satélite da superfície da Terra é decomposta, por meio de filtros, em 4 bandas espectrais ou canais, conforme a Tabela 1.

TABELA 1

FAIXAS ESPECTRAIS DO MSS DO LANDSAT 1, 2, 3

CANAL	MSS-BANDA ESPECTRAL
4	de 0,5 a 0,6 μm (Verde-laranja)
5	de 0,6 a 0,7 μm (Laranja-vermelho)
6	de 0,7 a 0,8 μm (Vermelho-infravermelho próximo)
7	de 0,8 a 1,1 μm (Infravermelho próximo)
8	de 10,4 a 12,6 μm (L3) (Infravermelho termal)

O canal 8 é sensível a temperaturas de -13°C a 67°C com uma resolução de 240 μm e sensibilidade de $1,5^{\circ}\text{C}$ e somente foi concebido no LANDSAT 3.

A forma de imageamento é mostrada na Figura 3.

Os satélites 4 e 5 foram lançados em 1982 e 1984 respectivamente, conduzindo basicamente um imageador multiespectral (MSS) e um mapeador temático (TM). O MSS apresenta as mesmas faixas espectrais que as de satélites anteriores. As bandas espectrais do TM estão apresentadas na Tabela 2.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

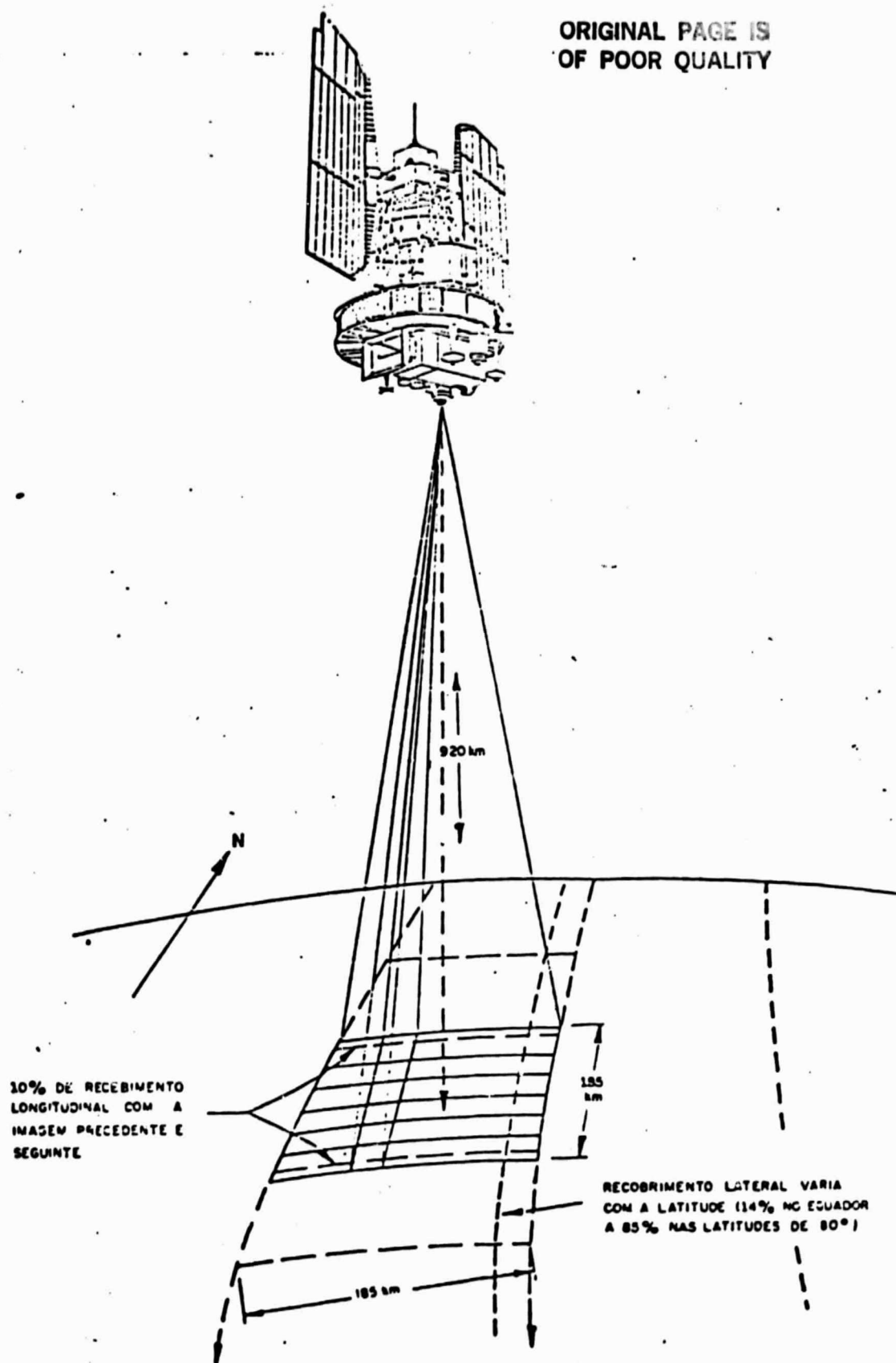


Fig. 3 - Forma de imageamento do sensor MSS.

TABELA 2

BANDAS ESPECTRAIS DO TM DOS LANDSAT 4 E 5

CANAL	TM-BANDA ESPECTRAL
1	0,45 a 0,52 μm
2	0,52 a 0,60 μm
3	0,63 a 0,69 μm
4	0,76 a 0,90 μm
5	1,55 a 1,75 μm
6	10,40 a 12,50 μm
7	2,08 a 2,35 μm

3 - ÁREA DE ESTUDO

Para o desenvolvimento do trabalho foi escolhido o Estado do Mato Grosso do Sul, situado na região Centro-Oeste do Brasil (Figura 4). A concentração dos reflorestamentos está localizada no Distrito Florestal, em torno da rodovia R-262 e da Ferrovia Noroeste do Brasil, entre as cidades de Campo Grande e Três Lagoas.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

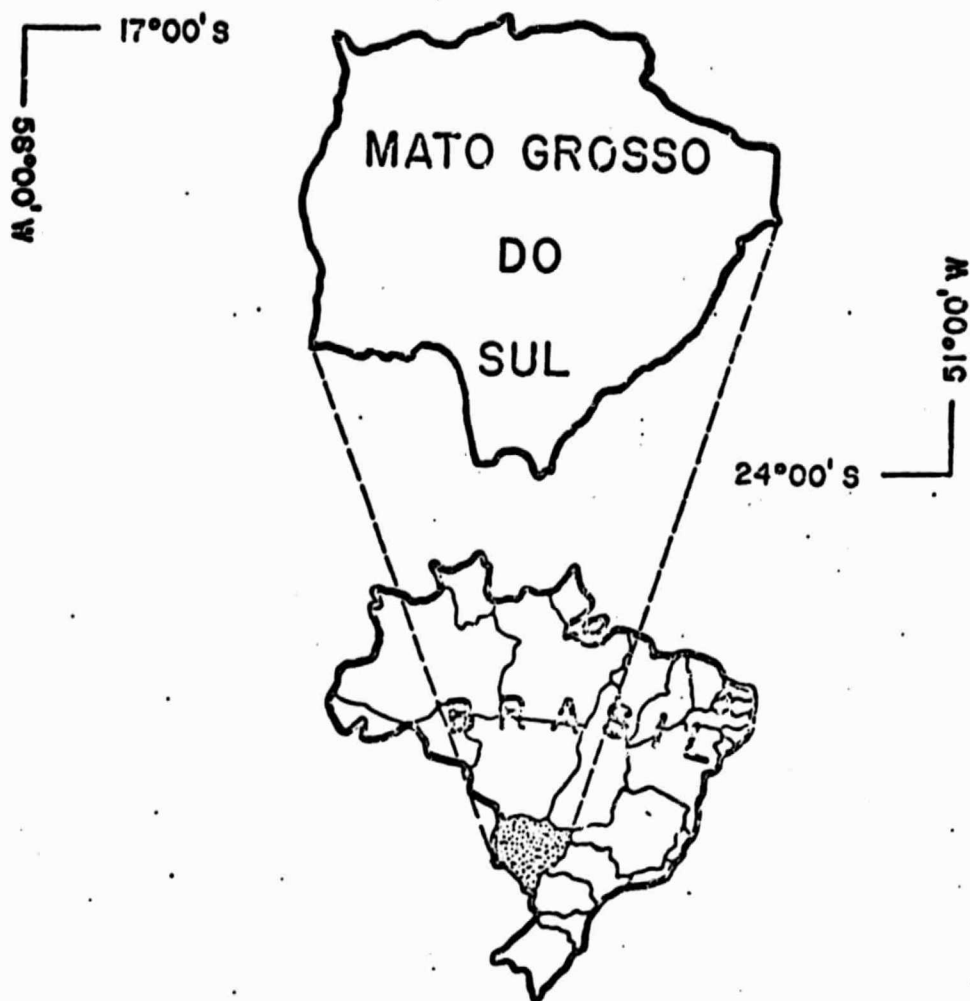


Fig. 4 - Localização da área de estudo - Estado do Mato Grosso do Sul.

As imagens do satélite LANDSAT que cobrem as áreas de ocorrência de reflorestamento são: 220/26 e 27, 234/26 e 27 e 248/25, 26, 27 e 28, segundo o Sistema de Referência do Brasil para as órbitas/pontos dos três primeiros satélites da série LANDSAT (Figura 5).

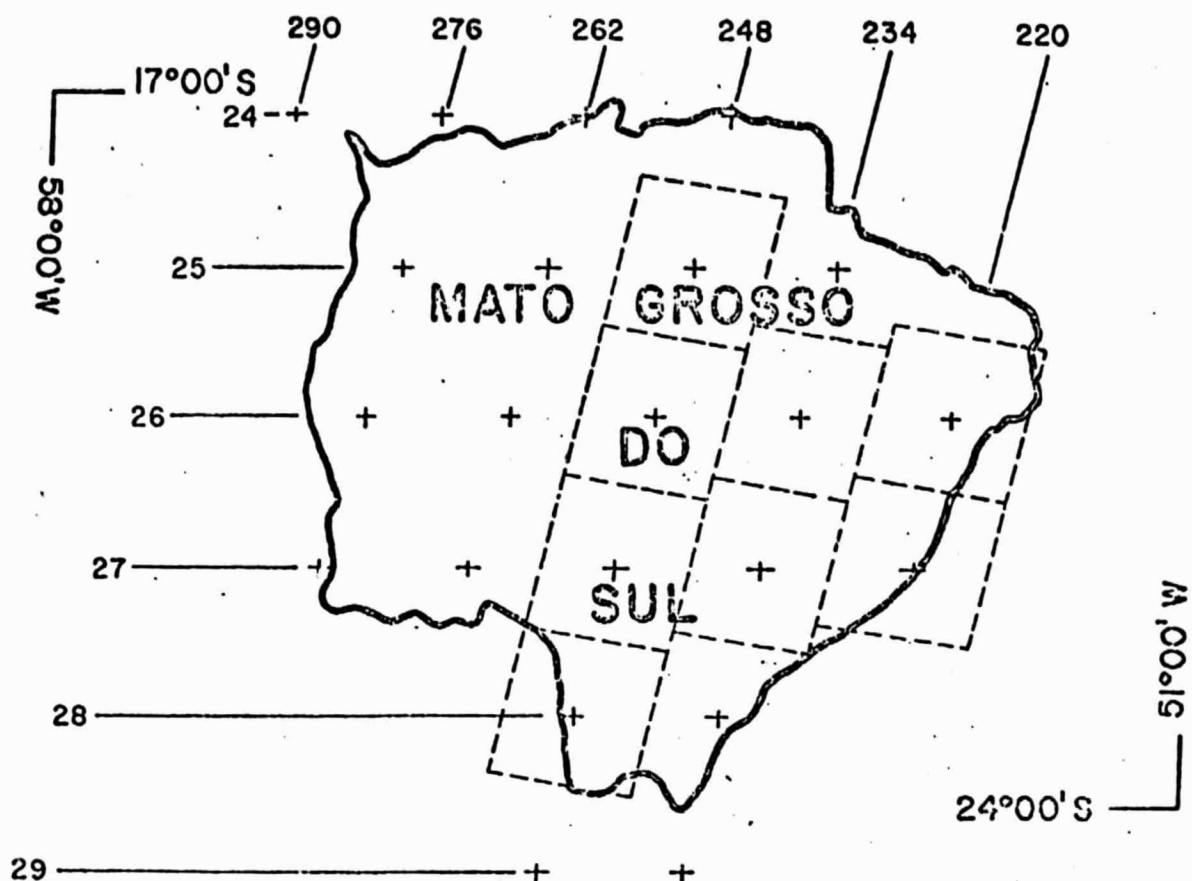


Fig. 5 - Imagens que cobrem a região de estudo.

4 - LEVANTAMENTO DAS ÁREAS RFFLORESTADAS - PRIMEIRA FASE

No ano de 1979, foram levantadas as áreas reflorestadas do Estado do Mato Grosso do Sul, tendo como base as imagens do satélite LANDSAT do ano de 1978 e cujas órbitas/ pontos foram 220/25 e 26, 234/25 e 26 e 248/25 e 26.

Nos arquivos da Delegacia do IBDF em Campo Grande, MS, foram levantados os dados contidos nos projetos de reflorestamento ao nível de empresa reflorestadora e propriedade rural. Tomando como base cartográfica as cartas da D.S.G. (1973), foram demarcados os limites das fazendas, com a finalidade de

auxiliar a localização e a delimitação nas imagens LANDSAT. Foram feitos sobrevôos e coletadas informações no campo para ajudar a fase de interpretação das imagens.

Nos canais 5 e 7, escalas 1:250.000, os reflorestamentos foram mapeados no nível de gênero (*Pinus spp* e *Eucalyptus spp*) por propriedade rural. Baseado em informações de campo foram mapeadas as áreas preparadas para serem reflorestadas.

A quantificação das classes foi realizada, através da técnica de contagem de pontos, utilizando uma grade milimetrada.

As áreas (ha) do reflorestamento foram apresentadas em módulos correspondentes às imagens que cobrem a área de estudo, conforme mostra a Tabela 3.

A diferença relativa entre as áreas mapeadas nas imagens e os dados de verdade terrestre foram da ordem de 2,58%.

TABELA 3

ÁREA (ha) DAS CLASSES MAPEADAS POR MÓDULOS

MÓDULO	ÁREA PREPARADA PARA REFLORESTAMENTO (ha)	ÁREA REFLORESTADA COM <i>Eucalyptus spp</i> (ha)	ÁREA REFLORESTADA COM <i>Pinus spp</i> (ha)
M1 IMAGEM 248/25	-	4.643,75	-
M2 IMAGEM 248/26	1.981,00	17.712,50	-
M3 IMAGEM 234/26	39.213,00	163.031,00	10.036,75
M4 IMAGEM 220/26	2.452,00	20.310,25	1.156,25
M5 IMAGEM 248/27	-	2.487,50	-
M6 IMAGEM 234/27	5.181,25	8.197,00	1.675,00
M7 IMAGEM 248/27	-	10.325,00	725,00
M8 IMAGEM 248/28	-	2.825,00	-
TOTAL (ha)	48.827,50	229.532,00	13.593,00

5 - LEVANTAMENTO DAS ÁREAS REFLORESTADAS - SEGUNDA FASE

Nos anos de 1980 e 1981, foram atualizados os dados contidos nos projetos de reflorestamento na Delegacia Regional do I.B.D.F. em Campo Grande - MS. Ao nível de propriedade rural, foram mapeadas as áreas reflorestadas utilizando as imagens dos anos de 1979 e 1980, na escala 1:250.000, canais 5 e 7, e como suporte recorreu-se às imagens dos anos de 1975, 1976, 1977 e 1978. Deste modo, aliando-se as informações de campo às características das áreas reflorestadas das imagens LANDSAT, definiram-se duas classes em função do gênero (*Pinus* e *Eucalyptus*) e seis classes em relação à idade do plantio, conforme mostrado na Tabela 4.

TABELA 4

CLASSES DE REFLORESTAMENTO EM FUNÇÃO DO GÊNERO E IDADE

CLASSES	IDADE (ANO)		
OE/OP	ÁREA PREPARADA		
1E/1P	0	a	1
2E/2P	1	a	2
3E/3P	2	a	3
4E/4P	3	a	4
5E/5P	4	a	5
6E/6P	>		5

Em relação à homogeneidade do plantio, estabeleceu-se o índice de Exposição do Terreno (I.E.T.) e definiram-se 5 classes conforme mostrado na Tabela 5.

TABELA 5

CLASSES DE REFLORESTAMENTO EM FUNÇÃO DO I.E.T.

CLASSES	ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO DO TERRENO
A	0 a 20%
B	20 a 40%
C	40 a 60%
D	60 a 80%
E	80 a 100%

As classes de idade de 0 a 1 não foi associado o I.E.T., porque o reflorestamento ainda não está em fase de recobrimento do solo.

Com a contribuição do gênero, idade e I.E.T., estabeleceu-se uma legenda com 54 classes de reflorestamento.

O total da área reflorestada em ha, por classe, é apresentado na Tabela 6.

ÁREA (ha) POR CLASSE DE IDADE DE REFLORESTAMENTO

NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL

CLASSE	ÁREA TOTAL POR CLASSE (ha)	% POP. CLASSE EM RELAÇÃO À ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL POR CLASSE DE IDADE (ha)	% DAS CLASSES DE IDADE EM RELAÇÃO À ÁREA TOTAL
0 E	14.475,00	3,64	14.475,00	3,64
1 E	50.906,25	12,83	50.906,25	12,83
2 E A	53.600,00	13,55	59.831,25	15,07
2 E B	1.700,00	0,43		
2 E C	1.056,25	0,27		
2 E D	3.106,25	0,78		
2 E E	168,75	0,04		
3 E A	31.500,00	7,94	44.112,50	11,12
3 E B	3.931,25	1,00		
3 E C	4.831,25	1,22		
3 E D	2.443,75	0,61		
3 E E	1.406,25	0,35		
4 E A	54.181,25	13,65	73.143,75	18,43
4 E B	8.568,75	2,16		
4 E C	5.956,25	1,5		
4 E D	2.768,75	0,70		
4 E E	1.668,75	0,42		
5 E A	44.393,75	11,18	66.118,75	16,66
5 E B	7.568,75	1,91		
5 E C	6.318,75	1,60		
5 E D	5.568,75	1,40		
5 E E	2.268,75	0,57		
6 E A	20.512,50	5,17	46.568,75	11,73
6 E B	2.412,50	0,61		
6 E C	5.306,25	1,34		
6 E D	8.637,50	2,17		
6 E E	9.700,00	2,44		
0 P	6.675,00	1,68	6.675,00	1,68
1 P	10.262,50	2,59	10.262,50	2,59
2 P A	87,50	0,02	10.968,75	2,76
2 P C	993,75	0,25		
2 P E	9.887,50	2,49		
3 P A	256,25	0,07	2.575,00	0,65
3 P B	75,00	0,02		
3 P C	1.843,75	0,46		
3 P D	112,50	0,03		
3 P E	287,50	0,07		
4 P A	1.487,50	0,37	5.931,25	1,49
4 P B	562,50	0,14		
4 P C	1.562,50	0,40		
4 P D	1.556,25	0,39		
4 P E	762,50	0,19		
5 P A	1.137,50	0,29	2.537,50	0,64
5 P C	237,50	0,06		
5 P D	625,00	0,16		
5 P E	537,50	0,13		
6 P A	2.637,50	0,67		
6 P E	168,75	0,04	2.806,25	0,71
TOTAL	396.912,50	—	396.912,50	—

6 - MULTIESTÁGIO

Atualmente, no Estado do Mato Grosso do Sul, está sendo implementado um procedimento para estimar o volume da madeira denominado Amostragem em Múltiplo com Probabilidade Variável (Langley, 1975). O objetivo deste método é avaliar, ao nível regional, o volume de madeira, de modo bem rápido.

A fórmula geral e o esquema para estimar o volume de madeira, utilizando amostragem em três estágios (dados de satélite, aeronave e campo), com probabilidade variável, conforme Langley (1975), são ilustrados na Figura.6.

6.1 - PRIMEIRO ESTÁGIO

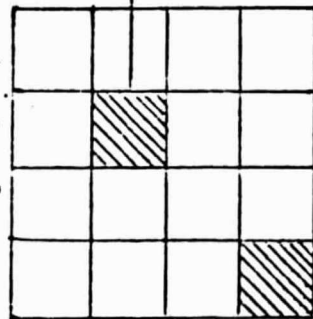
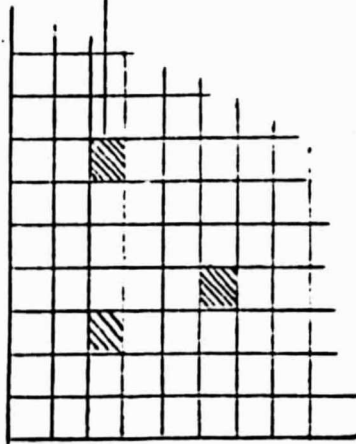
No primeiro estágio (nível orbital) procede-se a classificação das áreas reflorestadas, onde, posteriormente, é sobreposta uma grade que permitirá uma estimativa de área nas Unidades Primárias de Amostragem (UPA). Supõe-se, por exemplo, que se trabalhe com 5 UPAs. Os valores para determinar a probabilidade de seleção são mostrados na Tabela 7.

1º ESTÁGIO
IMAGEM ORBITAL

2º ESTÁGIO

FOTOGRAFIAS AÉREAS

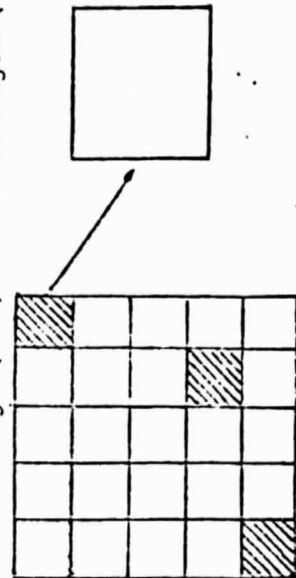
Unidade Primária de Amostragem (UPA)



3º ESTÁGIO

CAMPO

Unidade Secundária de Amostragem (USA)
Unidade Terciária de Amostragem (UTA)



M = nº total de UPA,

m = nº de amostras do 1º estágio,

P_i = probabilidade da i ª unidade do 1º estágio.

N_i = nº de USA da população da i ª UPA,

n_i = nº de amostras do 2º estágio,

P_{ij} = probab. da j ª unidade do 2º estágio dado a i ª unidade do 1º estágio.

T_{ij} = nº de UTA da população de i ª USA,

t_{ij} = nº de amostras do 3º estágio,

P_{ijk} = probab. da k ª unidade do 3º estágio.

V_{ijk} = volume medido nas UTAs do campo (variável principal).

x_i, x_{ij}, x_{ijk} = variável auxiliar obtida em cada unidade amostral do 1º, 2º, 3º estágio respectivamente

$$P_i = x_i / \sum_{i=1}^M x_i, \quad P_{ij} = x_{ij} / \sum_{j=1}^{N_i} x_{ij}, \quad P_{ijk} = x_{ijk} / \sum_{k=1}^{T_{ij}} x_{ijk}$$

\bar{V}_t = volume total estimado por classe

$$\bar{V}_t = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{1}{P_i} \sum_{j=1}^{n_i} \frac{1}{P_{ij}} \sum_{k=1}^{t_{ij}} \frac{V_{ijk}}{P_{ijk}}$$

Fig. 6 - Esboço do método de inventário florestal em múltiplo estágio proposto por Langley, P.G. (1975).

TABELA 7

VALORES PARA DETERMINAR PROBABILIDADE DE SELEÇÃO DE UPA

NÚMERO DA UPA (1)	ÁREA (ha) (2)	SOMA ACUMULADA (3)	INTERVALO (4)	PROBABILIDADE DE SELEÇÃO (5)
1	36	36	1 - 36	36/135
2	25	61	37 - 61	25/135
3	15	76	62 - 76	15/135
4	43	119	77 - 119	43/135
5	16	135	120 - 135	16/135

Na Tabela 7, a coluna (1) contém a lista dos números em sequência das UPAs. A coluna (2) mostra os valores de áreas (ha) de reflorestamento em cada UPA. A coluna (3) contém a soma acumulada das áreas (ha) da coluna (2). A coluna (4) mostra os valores de intervalos de cada UPA determinados na coluna (3). Na coluna (5) verifica-se que as probabilidades de seleção, para qualquer UPA, são variáveis; visto que os seus valores são determinados pela razão entre a área (ha), contidos em cada UPA, e a área (ha) total das UPAs. Como a porcentagem de área e o volume de reflorestamento, em cada UPA, estão diretamente relacionados, verifica-se que, para uma alta porcentagem de área reflorestada, existe uma porcentagem alta de volume de madeira e, assim, uma alta probabilidade de seleção.

Os intervalos (coluna 4) são baseados totalmente nos valores de área (ha) das UPAs. Analisando a UPA número 1, o intervalo de seleção é definido como de 1 a 36. Assim, a probabilidade de seleção para a UPA número 1 é 36/135, sendo que o valor 135 representa a somatória acumulada na coluna (3).

Similarmente, o intervalo para a UPA número 2 é 37-61, que representa a probabilidade de seleção de 25/135. O mesmo procedimento é usado para estabelecer os intervalos para as outras UPAs.

Os números aleatórios, uniformemente distribuídos, são gerados para cair no intervalo [1, soma acumulada], onde soma acumulada (135 ha) na coluna 3 é o total em (ha) de áreas reflorestadas.

Estes números aleatórios são usados para selecionar as UPAs que são consideradas no segundo estágio. Com isto, é feita a demarcação dos números aleatórios no intervalo [1, soma acumulada]. A UPA selecionada tem a probabilidade de seleção proporcional à área (ha) de reflorestamento e, assim, a probabilidade de seleção é definida como:

$$P(s) = \frac{\text{área (ha) de reflorestamento para a UPA}}{\text{total da área (ha) de reflorestamento para a área de estudo.}}$$

A área (ha) de reflorestamento de cada UPA (que é diferente para cada UPA) determina a probabilidade de seleção e o intervalo para cada UPA.

O número de UPAs a ser selecionado é definido pela seguinte fórmula:

$$m = \frac{t^2 \cdot (CV)^2}{(EE)^2},$$

onde:

m = número de UPAs selecionadas no primeiro estágio,
t = valor "t". Para inventário florestal em extensas áreas usa-se o valor "t" = 1 (Wiant Junior, 1976),
C.V. = coeficiente de variação,
E.E. = erro de amostragem esperado.

6.2 - SEGUNDO ESTÁGIO

As UPAs selecionadas são demarcadas em bases cartográficas planialtimétricas e subdivididas em quadrados ou retângulos que correspondem às Unidades Secundárias de Amostragem (USA). Em fotografias aéreas infravermelhas coloridas, escala 1:20.000, as USAs são delimitadas e avaliadas em termos de área (ha). Os dados assim colecionados e analisados para cada USA, dentro de cada UPA, são selecionados da mesma maneira que no primeiro estágio.

6.3 - TERCEIRO ESTÁGIO

Cada USA selecionada é subdividida em quadrados e retângulos que correspondem às Unidades de Amostragem Terciárias (UTA). As fotografias aéreas infravermelhas coloridas, am

pliadas para a escala de 1:10.000 ou 1:5.000, servem como base para a demarcação das UTAs. A seleção deste estágio é baseada no número ou na densidade de copa das áreas reflorestadas em cada UTA. Os dados assim colecionados são analisados para cada UTA, dentro de cada USA, do mesmo modo que nos estágios anteriores. Cada UTA selecionada é demarcada no campo, onde se obtêm dados para determinação de volume de madeira.

Para estimar o volume total de madeira, utiliza-se a fórmula apresentada na Figura 5.

Segundo Langley (1975), para estimar a variância contida na estimativa do volume total (\hat{V}_t), utiliza-se a seguinte equação:

$$\text{Var } (\hat{V}_t) = \frac{1}{m(m-1)} \left[\sum_{i=1}^m \left[\frac{V_i}{P_i} \right]^2 - m \hat{V}_t^2 \right].$$

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG). - *Carta do Brasil - escala 1:100.000*. Rio de Janeiro, 1973.

HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E. & SANTANA, C.C. - *Relatório das atividades do Projeto IBDF/INPE (sub-projeto Reflorestamento) durante o ano de 1978*. São José dos Campos, INPE, Dez. 1978. (INPE-1408-NTE/141).

HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E.; MEDEIROS, J.S.; SANTANA, C.C. & ALVES, E.C.M. - *Relatório das atividades do Projeto IBDF/INPE (sub-projeto Reflorestamento) durante o ano de 1979*. São José dos Campos, INPE, Jan. 1980. (INPE-1664-RPE/104).

HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E.; MEDEIROS, J.S.; ASSIS, O.R. - *Relatório das atividades do Projeto IBDF/INPE (sub-projeto Reflorestamento) durante o ano de 1981*. São José dos Campos, INPE, Jun. 1982. (INPE-2434-RTR/014).

LANGLEY, P.G. - *Multistage variable probability sampling: theory and use in estimating timber resources from space and aircraft photography*. PhD Dissertation, University of California, Berkeley, 1975.

SHIMABUKURO, Y.E.; HERNANDEZ FILHO, P.; MEDEIRCS, J.S.; ASSIS,
O.R. - *Relatório das atividades do Projeto IBDF/INPE (sub
-projeto Reflorestamento) durante o ano de 1980. São José
dos Campos, INPE, Jun. 1981. (INPE-2187-KTR/001).*

WIANT JUNIOR, H.V. - *Elementary 3P sampling. West Virginia,
University Agricultural and Forestry Experimental
Station, 1976.*